



OSP-10780 45 (2)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 4月23日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-124943

出 願 人
Applicant(s):

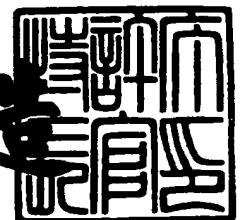
本田技研工業株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3040463

【書類名】 特許願

【整理番号】 J88136B1

【提出日】 平成13年 4月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06F 15/62
G01D 1/00

【発明の名称】 位置検出装置、位置検出方法、及び位置検出プログラム

【請求項の数】 15

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研
 究所内

 【氏名】 永井 孝明

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研
 究所内

 【氏名】 松永 慎一

【発明者】

 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研
 究所内

 【氏名】 坂上 義秋

【特許出願人】

 【識別番号】 000005326

 【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064908

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-157299

【出願日】 平成12年 5月26日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705358

特 2 0 0 1 - 1 2 4 9 4 3

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置検出装置、位置検出方法、及び位置検出プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、
前記位置検出装置は、
前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得手段と、
前記画像取得手段と同一の視野を有し、前記画像取得手段が画像を取得するの
と同時に距離画像を取得する距離画像取得手段と、
少なくとも連続する 2 フレームの画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽
出手段と、
前記特徴点抽出手段によって抽出された特徴点の 2 フレーム間の位置の変位量
を前記距離画像に基づいて算出し、当該変位量から自己位置を算出するための基
準特徴点を選択する基準特徴点選択手段と、
を備えたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項 2】 移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、
前記位置検出装置は、
前記移動体の前方視野内の画像を取得する画像取得手段と、
前記移動体の移動に当たって基準となる基準特徴点を前記画像取得手段によっ
て得られた画像に基づいて決定する基準点決定手段と、
自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己
の位置を検出する位置検出手段と、
を備えたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項 3】 移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、
前記位置検出装置は、
前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得手段と、
前記画像取得手段と同一の視野を有し、前記画像取得手段が画像を取得するの
と同時に距離画像を取得する距離画像取得手段と、
得られた画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、
予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点

を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とする基準特徴点選択手段と、

を備えたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項 4】 前記特徴点選択手段は、

既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新することを特徴する請求項 3 に記載の位置検出装置。

【請求項 5】 移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、

前記位置検出装置は、

前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得手段と、

前記画像中の特徴点群を抽出する特徴点群抽出手段と、

予め画像取得手段で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出する自己位置検出手段と、

を備えたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項 6】 移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、

前記位置検出方法は、

前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得過程と、

前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得過程と、

少なくとも連続する 2 フレームの画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出過程と、

前記特徴点抽出過程において抽出された特徴点の 2 フレーム間の位置の変位量を前記距離画像に基づいて算出し、当該変位量から自己位置を算出するための基準特徴点を選択する基準特徴点選択過程と、

を有することを特徴とする位置検出方法。

【請求項 7】 移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、

前記位置検出方法は、

前記移動体の前方視野内の画像を取得する画像取得過程と、

前記移動体の移動に当たって基準となる基準特徴点を前記画像に基づいて決定する基準点決定過程と、

自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出過程と、

を有することを特徴とする位置検出方法。

【請求項 8】 移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、
前記位置検出方法は、

前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得過程と、

前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得すると同時に距離画像を取得する距離画像取得過程と、

得られた画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出過程と、

予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とする基準特徴点選択過程と、

を有することを特徴とする位置検出方法。

【請求項 9】 前記特徴点選択過程は、

既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新することを特徴する請求項 8 に記載の位置検出方法。

【請求項 10】 移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、
前記位置検出方法は、

前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得過程と、

前記画像中の特徴点群を抽出する特徴点群抽出過程と、

予め画像取得過程で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出する自己位置検出過程と、

を有することを特徴とする位置検出方法。

【請求項 11】 移動体の自己位置を検出するための位置検出プログラムであって、

前記位置検出プログラムは、

前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得処理と、

前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得処理と、

少なくとも連続する2フレームの画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出処理と、

前記特徴点抽出処理において抽出された特徴点の2フレーム間の位置の変位量を前記距離画像に基づいて算出し、当該変位量から自己位置を算出するための基準特徴点を選択する基準特徴点選択処理と、

をコンピュータに行わせることを特徴とする位置検出プログラム。

【請求項12】 移動体の自己位置を検出するための位置検出プログラムであって、

前記位置検出プログラムは、

前記移動体の前方視野内の画像を取得する画像取得処理と、

前記移動体の移動に当たって基準となる基準特徴点を前記画像に基づいて決定する基準点決定処理と、

自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出処理と、

をコンピュータに行わせることを特徴とする位置検出プログラム。

【請求項13】 移動体の自己位置を検出するための位置検出プログラムであって、

前記位置検出プログラムは、

前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得処理と、

前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得処理と、

得られた画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出処理と、

予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とする基準特徴点選択処理と、

をコンピュータに行わせることを特徴とする位置検出プログラム。

【請求項 1 4】 前記特徴点選択処理は、

既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新することを特徴する請求項 1 3 に記載の位置検出プログラム。

【請求項 1 5】 移動体の自己位置を検出するための位置検出プログラムであって、

前記位置検出プログラムは、

前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得処理と、

前記画像中の特徴点群を抽出する特徴点群抽出処理と、

予め画像取得処理で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出する自己位置検出処理と、

をコンピュータに行わせることを特徴とする位置検出プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、距離画像を用いてロボットや自動車が移動した際の自己の位置を検出する位置検出装置、位置検出方法、及び位置検出プログラムに関する。特に、人間型の脚式移動ロボットの自己位置検出に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

従来の車両の位置検出には、GPS やビーコンから発せられた情報を受信して、この情報を解析して自己の位置を検出するものがある。GPS やビーコンを使用した位置検出は、GPS やビーコンが発した電磁波を受信しなければならないために、電磁波の送信装置と自己に備えられた受信装置との間に電磁波を遮断する物体がある場合、自己の位置検出を行えなくなるという問題がある。特に屋内のみを移動するロボットなどは全く利用することができない。このため、車両に車輪の回転数を検出する距離センサ及び方位センサを備え、これらのセンサの出

力値に基づき、場合によっては道路地図データをマッチングすることによって、自己の位置を検出する位置検出装置がある。例えば、特開平 9 - 2 4 3 3 8 9 号公報に記載されている技術が挙げられる。

【0003】

しかしながら、この位置検出装置は、内部に詳細な道路地図データを備える必要があるとともに、距離センサや方位センサの出力値には誤差が含まれるために、距離センサや方位センサの出力値のみによる位置検出が長時間継続すると、検出誤差が累積されてしまい、検出された車両位置が実際の車両位置から大きくずれてしまうという問題がある。また、特に人間型の脚式移動ロボットが屋内を自由に移動する際には、壁や柱との相対位置をロボット自身が得る必要があるが、従来の位置検出装置では、周囲の環境との相対位置関係を得ることが難しいために自律移動が困難になるという問題がある。

【0004】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、人間型脚式移動ロボットや自動車が自律的に移動する際に、周囲環境の画像を用いて自己の位置検出を簡単に行うことができる位置検出装置、位置検出方法、及び位置検出プログラムを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、前記位置検出装置は、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得手段と、前記画像取得手段と同一の視野を有し、前記画像取得手段が画像を取得すると同時に距離画像を取得する距離画像取得手段と、少なくとも連続する 2 フレームの画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、前記特徴点抽出手段によって抽出された特徴点の 2 フレーム間の位置の変位量を前記距離画像に基づいて算出し、当該変位量から自己位置を算出するための基準特徴点を選択する基準特徴点選択手段とを備えたことを特徴とする。

この発明によれば、連続する 2 フレームの画像から同一の静止物体を抽出し、この静止物体の変位を求め、この変位量から自己の移動量を求めるようにしたた

め、精度良く自己位置の検出を行うことができるという効果が得られる。また、静止物体の抽出を自己で行うようにしたため、予め静止物体の位置が定義されたマップ等を備える必要がなく、構成を簡単にすることが可能となる。さらに、道路地図データ等のマップを備える必要がないために、構成を簡単にすることができるとともに、未知の場所へ移動することが可能となり移動体の行動範囲の制限をなくすことができるという効果も得られる。

【 0 0 0 6 】

請求項 2 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、前記位置検出装置は、前記移動体の前方視野内の画像を取得する画像取得手段と、前記移動体の移動に当たって基準となる基準特徴点を前記画像取得手段によって得られた画像に基づいて決定する基準点決定手段と、自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出手段とを備えたことを特徴とする。

この発明によれば、自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出手段を備えたため、より正確な自己位置の検出が可能になるという効果が得られる。

【 0 0 0 7 】

請求項 3 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、前記位置検出装置は、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得手段と、前記画像取得手段と同一の視野を有し、前記画像取得手段が画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得手段と、得られた画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とする基準特徴点選択手段とを備えたことを特徴とする。

この発明によれば、予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とするようにしたため、より正確に自己の位置を検出することができるという効果が得られる。

【 0 0 0 8 】

請求項 4 に記載の発明は、前記特徴点選択手段は、既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新することを特徴する。

この発明によれば、既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新するようようにしたため、物体情報の更新を自動的に行うことができるという効果が得られる。

【 0 0 0 9 】

請求項 5 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、前記位置検出装置は、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得手段と、前記画像中の特徴点群を抽出する特徴点群抽出手段と、予め画像取得手段で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出する自己位置検出手段とを備えたことを特徴とする。

この発明によれば、予め画像取得手段で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出するようにしたため、幾何学的にロボットの位置が得られない場合であっても過去の位置検出結果に基づいて自己の位置を検出することができるという効果が得られる。

【 0 0 1 0 】

請求項 6 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、前記位置検出方法は、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得過程と、前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得過程と、少なくとも連続する 2 フレームの画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出過程と、前記特徴点抽出過程において抽出された特徴点の 2 フレーム間の位置の変位量を前記距離画像に基づいて算出し、当該変位量から自己位置を算出するための基準特徴点を選択する基準特徴点選択過程とを有することを特徴とする。

この発明によれば、連続する2フレームの画像から同一の静止物体を抽出し、この静止物体の変位を求め、この変位量から自己の移動量を求めるようにしたため、精度良く自己位置の検出を行うことができるという効果が得られる。また、静止物体の抽出を自己で行うようにしたため、予め静止物体の位置が定義されたマップ等を備える必要がなく、構成を簡単にすることが可能となる。さらに、道路地図データ等のマップを備える必要がないために、構成を簡単にすることができるとともに、未知の場所へ移動することが可能となり移動体の行動範囲の制限をなくすことができるという効果も得られる。

【 0 0 1 1 】

請求項7に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、前記位置検出方法は、前記移動体の前方視野内の画像を取得する画像取得過程と、前記移動体の移動に当たって基準となる基準特徴点を前記画像に基づいて決定する基準点決定過程と、自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出過程とを有することを特徴とする。

この発明によれば、自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出手段を備えたため、より正確な自己位置の検出が可能になるという効果が得られる。

【 0 0 1 2 】

請求項8に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、前記位置検出方法は、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得過程と、前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得過程と、得られた画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出過程と、予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とする基準特徴点選択過程とを有することを特徴とする。

この発明によれば、予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とするようにしたため、より正確に自己の位置を検出することができるとい

う効果が得られる。

【 0 0 1 3 】

請求項 9 に記載の発明は、前記特徴点選択過程は、既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新することを特徴する。

この発明によれば、既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新するようようにしたため、物体情報の更新を自動的に行うことができるという効果が得られる。

【 0 0 1 4 】

請求項 1 0 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出方法であって、前記位置検出方法は、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得過程と、前記画像中の特徴点群を抽出する特徴点群抽出過程と、予め画像取得過程で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出する自己位置検出過程とを有することを特徴とする。

この発明によれば、予め画像取得過程で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出するようにしたため、幾何学的にロボットの位置が得られない場合であっても過去の位置検出結果に基づいて自己の位置を検出することができるという効果が得られる。

【 0 0 1 5 】

請求項 1 1 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出プログラムであって、前記位置検出プログラムは、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得処理と、前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得処理と、少なくとも連続する 2 フレームの画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出処理と、前記特徴点抽出処理において抽出された特徴点の 2 フレーム間の位置の変位量を前記距離画像に基づいて算出

し、当該変位量から自己位置を算出するための基準特徴点を選択する基準特徴点選択処理とをコンピュータに行わせることを特徴とする。

この発明によれば、連続する 2 フレームの画像から同一の静止物体を抽出し、この静止物体の変位を求め、この変位量から自己の移動量を求めるようにしたため、精度良く自己位置の検出を行うことができるという効果が得られる。また、静止物体の抽出を自己で行うようにしたため、予め静止物体の位置が定義されたマップ等を備える必要がなく、構成を簡単にすることが可能となる。さらに、道路地図データ等のマップを備える必要がないために、構成を簡単にすることができるとともに、未知の場所へ移動することが可能となり移動体の行動範囲の制限をなくすことができるという効果も得られる。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 2 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出する位置検出プログラムであって、前記位置検出プログラムは、前記移動体の前方視野内の画像を取得する画像取得処理と、前記移動体の移動に当たって基準となる基準特徴点を前記画像に基づいて決定する基準点決定処理と、自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出処理とをコンピュータに行わせることを特徴とする。

この発明によれば、自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出手段を備えたため、より正確な自己位置の検出が可能になるという効果が得られる。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 3 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出するための位置検出プログラムであって、前記位置検出プログラムは、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得処理と、前記画像と同一の視野を有し、前記画像を取得すると同時に距離画像を取得する距離画像取得処理と、得られた画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出処理と、予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とする基準特徴点選択処理とをコンピュータに行わせることを特徴とする。

この発明によれば、予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とするようにしたため、より正確に自己の位置を検出することができるという効果が得られる。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 4 に記載の発明は、前記特徴点選択処理は、既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新することを特徴する。

この発明によれば、既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新するようようにしたため、物体情報の更新を自動的に行うことができるという効果が得られる。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 5 に記載の発明は、移動体の自己位置を検出するための位置検出プログラムであって、前記位置検出プログラムは、前記移動体の前方視野の画像を取得する画像取得処理と、前記画像中の特徴点群を抽出する特徴点群抽出処理と、予め画像取得処理で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出する自己位置検出処理とをコンピュータに行わせることを特徴とする。

この発明によれば、予め画像取得処理で得られた画像における特徴点群と当該特徴点群を得た位置を対応させて複数記憶しておき、新たに得られた画像の特徴点群と予め記憶された特徴点群の相関を算出して、自己の位置を算出するようにしたため、幾何学的にロボットの位置が得られない場合であっても過去の位置検出結果に基づいて自己の位置を検出することができるという効果が得られる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

<第 1 の実施形態>

以下、本発明の第一の実施形態による位置検出装置を図面を参照して説明する。図 1 は同実施形態の構成を示すブロック図である。ここでは、図 1 に示す位置検出装置は屋内を移動する自律走行のロボットに備えられているものとして説明する。この図において、符号 1 は、ロボットが移動する際の移動方向の視野内に存在する物体を撮像する 2 台のカメラであり、所定の間隔で設置され、互いの視野角は一致している。符号 2 は、カメラ 1 において得られた画像の 1 フレーム分をそれぞれ記憶する距離画像記憶部であり、2 フレーム分の画像メモリからなる。符号 3 は、画像記憶部 2 に記憶されている 2 フレームの画像から距離画像を生成する距離画像生成部である。符号 4 は、距離画像生成部 3 において生成された距離画像を記憶する距離画像記憶部である。符号 5 は、画像記憶部 2 または距離画像記憶部 4 に記憶されている画像から特徴点を抽出する特徴点抽出部である。符号 6 は、特徴点抽出部 5 における特徴点抽出結果に基づいて自己の位置の検出を行う位置検出部である。符号 7 は、位置検出部 6 による位置検出結果を参照してロボットの移動を制御する移動制御部である。

【0021】

ここで、以下の説明において用いる座標系を定義する。ロボットが初期状態あるときの前方の距離方向を X 軸、ロボットの左右方向を Y 軸、鉛直方向を Z 軸とし、これらの 3 軸は互いに直交している。また、以下でいう距離とは、カメラ 1 から各物体までの直線距離である。したがって、距離画像データは、カメラ 1 の視野における物体表面の測定点の 3 次元座標値の集合である。

【0022】

次に、図面を参照して、図 1 に示す位置検出装置の動作を説明する。図 2 は、特徴点抽出部 5 及び位置検出部 6 が画像記憶部 2 に記憶されている輝度画像と、距離画像記憶部 4 に記憶されている距離画像とから、特徴点を連続時間でトラッキングし、その位置情報を基に自己の位置検出を行う動作を示すフローチャートである。図 2 のフローチャートに示す各処理は、カメラ 1 によって画像を撮像する度に繰り返し実行される。

【0023】

まず、2 台のカメラ 1 は、ステレオカメラとして動作し、各カメラで輝度画像

を取得し、画像記憶部 2 へそれぞれ格納する。続いて、画像記憶部 2 に輝度画像が記憶されたのを受けて距離画像生成部 3 は、2 つのカメラ 1 で取得した 2 枚の輝度画像からそれぞれの画像の画素の対応点を求めることによって距離画像を生成し、距離画像記憶部 4 へ格納する。ここでは、少ない画素でより精度の良い距離画像を得るために画素間を補間するいわゆるサブピクセルを用いて距離画像を作成する。なおここでは、一例として各画素の輝度画像及び距離画像を 2 5 6 階調で表現するものとする。通常の画像の画素は、センサの視野内における物体表面の輝度を表現したものであるが、距離画像の画素は、センサの視野内における物体表面までの距離を 2 5 6 階調で表現したものである。したがって、距離画像中の画素の位置によってカメラ位置からの 3 次元空間に存在する物体表面上の 1 点への X Y Z 座標を特定することができる。なお、より高精度な距離精度が必要な場合には、カメラに換えてレーザレーダ、ミリ波レーダや超音波を用いたレーダを併用するなどして精度を向上させることもできる。また、カメラ 1 は赤外線カメラでもよい。さらに、距離データを 2 5 6 階調で表現せずに、距離センサの出力値をそのまま使用するようにしてもよい。カメラ 1 と距離画像生成部 3 は、この動作を繰り返し実行する。一方、特徴点抽出部 5 は、画像記憶部 2 に記憶されている画像を読み出す（ステップ S 1）。

【 0 0 2 4 】

次に、特徴点抽出部 5 は、読み出した輝度画像から特徴点を抽出して、この特徴点を特徴点抽出部 5 内に保存する（ステップ S 2）。ここでいう特徴点とは、画像処理で用いられる不変特徴量に相当し、画像中に現れている像を特徴付ける点のことである。この特徴点の抽出は、例えば輝度画像に対してエッジ検出処理を施し、検出されたエッジを構成する点を選択することによって行う。なお、特徴点抽出部 5 は、距離画像記憶部 4 に記憶されている距離画像を読み出し、この距離画像から特徴点を抽出するようにしてもよい。特徴点は、連続して取り込まれた 2 枚の輝度画像を用いて作成される。ここでは、それぞれの時刻を「 t 」と「 $(t + 1)$ 」と表記する。また、特徴点抽出においては、左右いずれか一方のカメラ 1 から得られた輝度画像を用いており、時刻 $(t + 1)$ の入力画像から抽出した特徴点の集合と、入力画像の直前の時刻 t の画像から抽出した特徴点の集

合の 2 種類の特徴点が保存される。この特徴点は、画像上の座標値が保存される。

【 0 0 2 5 】

次に、これらの 2 つの異なる時刻の特徴点の対応点を求めるために、位置検出部 6 は、特徴点抽出部 5 内に保存されている入力画像の特徴点を 1 つ読み出す（ステップ S 3）。続いて、位置検出部 6 は、特徴点抽出部 5 内に保存されている直前の画像の特徴点を 1 つ読み出す（ステップ S 4）。ここで、直前の時刻 t とは、現在説明しているステップ S 1 ～ S 1 7 が前回行われた時刻であり、2 つの異なる時刻 t と $(t + 1)$ との対応点は、ステップ S 1 ～ S 1 7 が 2 回以上実行されることで得られる。よって初めてステップ S 1 ～ S 1 7 が実行されるときは、例外処理としてステップ S 3 まで実行してステップ S 1 へ戻ることになる。

【 0 0 2 6 】

次に、位置検出部 6 は、2 つの特徴点の確からしさ CA を算出し時刻 t で保存された特徴点とパターンマッチングを行う（ステップ S 5）。ここで、図 3 を参照して、2 つの特徴点の確からしさ CA を算出する処理の詳細を説明する。まず、特徴点を抽出した入力画像に対して、特徴点の周囲の m 画素 \times n 画素（ただし、 m 、 n は 2 以上の自然数）を選択する。そして、直前画像の特徴点の周囲の m 画素 \times n 画素（ただし、 m 、 n は 2 以上の自然数）を選択する。このとき、2 つの特徴点の周囲の画素の選択する大きさ（ $m \times n$ ）は任意に決定してよいが、2 つの選択する画素数は同一でなければならない。

【 0 0 2 7 】

この選択動作によって、256 階調の輝度値（0 ～ 255 の整数）を有した $m \times n$ 個の輝度値の集合、すなわち $g1 = \{g1_1, g1_2, \dots, g1_{mn}\}$ 、

$g2 = \{g2_1, g2_2, \dots, g2_{mn}\}$ が得られる。そして、得られた 2 つの輝度値の集合のうち、対応する画素毎の輝度値の減算を行い、その減算結果を加算することによって、確からしさ CA を算出する。すなわち、

$CA = | (g1_1 - g2_1) | + | (g1_2 - g2_2) | + \dots + | (g1_{mn} - g2_{mn}) |$ によって算出される。この演算によれば、2 つの輝度値集合が全く同一であれば確からしさ CA は「0」となるはずである。したがって、この演算によって

算出されたCAが小さいほど2つの特徴点が同一である可能性が高くなる。

【0028】

次に、位置検出部6は、算出した確からしさCAとしきい値TCを比較して（ステップS6）、CAがTCより小さい場合、連続時間の特徴点移動量としての座標値から変位ベクトル d_a を算出して、位置検出部6内に保存する（ステップS7）。一方、CAがTCより小さい場合、ステップS8へ進む。

【0029】

次に、位置検出部6は、直前の画像の特徴点の全てについて処理したか否かを判定し（ステップS8）、処理していなければステップS4へ戻り処理を繰り返す。一方、直前の画像の特徴点の全てについて処理が終了した場合、位置検出部6は、入力画像の特徴点の全てについて処理したか否かを判定し（ステップS9）、処理していなければステップS3に戻り処理を繰り返す。一方、入力画像の特徴点の全てについて処理が終了した場合、ステップS10へ進む。

【0030】

このように、ステップS3～S9の処理によって、入力画像（時刻 $t+1$ ）の特徴点と直前画像（時刻 t ）の特徴点との対応付けがされ、さらに、対応付けされた特徴点の変位ベクトル d_a が算出されて保存された状態となる。ただし、変位ベクトル d_a が算出されるのは、2つの特徴点の確からしさが所定のしきい値 T_c を超えている場合のみであるために、算出される変位ベクトル d_a の個数は処理の度に異なる。

ここでは、直前の画像の特徴点の全てについて処理を行ったが、計算処理の負荷を低減するために、必要とする移動量に合わせ、求める特徴点の近傍のみを計算して求めるようにしてもよい。

【0031】

次に、位置検出部6は、保存されている変位ベクトル d_a を読み出し、平均変位ベクトル T_d を算出する（ステップS10）。

次に、位置検出部6は、保存されている変位ベクトル d_a を1つずつ読み出す（ステップS11）。

そして、位置検出部6は、 $|\text{ベクトル } T_d - \text{ベクトル } d_a|$ を算出してこの値

が、所定のしきい値 A より小さいか否かを判定する（ステップ $S12$ ）。この判定によって、算出された変位ベクトル $d a$ の各々が平均変位ベクトル $T d$ とどの程度の差を持っているかが判定される。

【0032】

この判定の結果、算出した差（ $| \text{ベクトル } T d - \text{ベクトル } d a |$ ）がしきい値 A より小さい場合、位置検出部 6 は、該当する変位ベクトル $d a$ を算出するときに用いられた特徴点を静止物体であると判断する（ステップ $S13$ ）。一方、しきい値 A より大きい場合、位置検出部 6 は、該当する変位ベクトル $d a$ を算出するときに用いられた特徴点を移動物体と判断する（ステップ $S14$ ）。この処理は、算出された全ての変位ベクトル $d a$ に対して行われ（ステップ $S15$ ）、これによって、特徴点の各々について、静止物体であるか移動物体であるかの判断が行われる。

【0033】

次に、位置検出部 6 は、静止物体であると判断された特徴点のうち、確からしさ CA が上位の特徴点を抽出する（ステップ $S16$ ）。ここでいう確からしさ CA が上位とは、 CA の値が小さいほど上位であることを意味する。この抽出処理によって抽出される特徴点は、入力画像（時刻 $t + 1$ ）の特徴点と対になる直前の画像（時刻 t ）の特徴点であり、これらの特徴点が自己位置算出の基準特徴点となる。

【0034】

次に、位置検出部 6 は、抽出した各々の基準特徴点と距離画像記憶部 4 に記憶された距離画像との対応点より特徴点の距離を求め、その特徴点とロボットの相対的位置の移動量に基づいて、直前の画像を取得した時点から現時点の画像（入力画像）を取得した時点までにロボットが移動した量を算出する（ステップ $S17$ ）。ステップ $S17$ の処理が終了しロボットの位置が決定されると再びステップ $S1$ へ戻り、記憶されている前回対応がとれた特徴量に対して同様の処理を繰り返す。

【0035】

ここで、図 4 を参照して、自己位置を算出する原理を説明する。ここでの座標

系は、ロボットが初期状態であるときに定義される座標系であり、ロボットの前方方向をX軸、このX軸に直交する方向をY軸とする。図4において、a、bはそれぞれ建造物内の柱などの任意の特徴点であり、前述した処理によって抽出される。ロボットが画像を取得することによって得られる情報は、図4に示す特徴点aの相対的位置 (x_a, y_a) 及び特徴点bの相対的位置 (x_b, y_b) である。ここでの ϕ はZ軸回りのロボットの回転角で反時計回りを正とする。

【0036】

ここで、a、bの絶対位置は既知であり、a (a_x, a_y) 、b (b_x, b_y) と仮定すると、a bの相対的座標値 (x_a, y_a) 、 (x_b, y_b) を用いてロボットの絶対位置 (x_t, y_t) はa、b点を中心とした半径 $l_1 = \sqrt{(x_a^2 + y_a^2)}$ 、 $l_2 = \sqrt{(x_b^2 + y_b^2)}$ の円の交点となる。原点 $(0, 0)$ からロボット位置 (x_t, y_t) までのベクトルを $P \rightarrow$ (以下の説明におけるベクトル表現を「 $P \rightarrow$ 」とし、図面においては、Pの頭に \rightarrow を付ける) とし、原点からのa、bまでのベクトルを $a \rightarrow$ 、 $b \rightarrow$ 、ロボットの位置 (x_t, y_t) からa、bそれぞれの点へのベクトルを $l_1 \rightarrow$ 、 $l_2 \rightarrow$ とすると、ロボットの回転角 ϕ が0の場合、 $P \rightarrow = (a \rightarrow) - (l_1 \rightarrow)$ 、 $P \rightarrow = (b \rightarrow) - (l_2 \rightarrow)$ の関係が成り立つ。また、ロボットの回転角 ϕ が0でない場合は、ベクトル $l_1 \rightarrow$ 、 $l_2 \rightarrow$ をそれぞれ $(-\phi)$ だけ回転させたベクトルが成立する。また、ロボットのZ軸方向の回転角 ϕ を考慮すると、aに関していえば、

$$\tan^{-1}(a_y/a_x) - \tan^{-1}(y_a/x_a) = \phi$$

と決定される。また、bに関していえば、

$$\tan^{-1}(b_y/b_x) - \tan^{-1}(y_b/x_b) = \phi$$

と決定される。

【0037】

これによって、ロボットの回転角 ϕ とロボットの位置 (x_t, y_t) を求めることができる。上記の説明においては、a、bを既知として仮定したが、ここでは、未知の物体も扱うので、a、bの絶対位置は求められていないので、時刻tにおいて、ロボットの位置を基にa、bの位置を決定し、時刻t+1において得られたa、bの相対位置の変化量 $d a$ を基に、ロボット位置の変化量(ロボットの

移動量)を求め、既知の絶対位置座標にこの変化量を加算することで、時刻 $t + 1$ のロボット位置を求めることができる。もちろん a 、 b が既知である場合は a 、 b の相対位置を基にロボット位置を容易に決定できる。

【0038】

算出された位置は、移動制御部 7 へ通知され、移動制御部 7 においては、この位置に基づいて、ロボットの移動制御が行われる。また、移動制御部 7 は、位置検出をする必要がある場合に、特徴点抽出部 5 に対して位置検出指示を出力するようにして、この位置検出指示を受けて、特徴点抽出部 5 は図 2 に示す処理を開始するようにしてもよい。このようにすることによって、例えば、図 1 に示す位置検出装置を自動車に備え、トンネル等へ進入した時点で画像による位置検出を行うようにすれば、GPS による位置検出ができなくなった場合であっても位置検出を継続することができる。

【0039】

このように、連続して取り込まれる画像から同一の静止物体を連続してトラッキングすることで、この静止物体の刻々と変化する位置の変位を求め、この変位量から自己の移動量を刻々と求めるようにしたため、精度良く自己位置の検出を行うことができる。ここでは、連続する 2 枚の画像でトラッキング処理を行う例を説明したが、信頼性や精度向上のために 2 枚以上の画像から特徴点の移動経歴を求め、静止物体を抽出しトラッキングするようにしてもよい。

このように、ターゲットとなる特徴点の位置が既知の場合は、ロボットの絶対的位置を決定でき、また、未知の場合は時刻 t におけるターゲットの相対的位置とロボット位置 (x_t, y_t) によりターゲットの位置を決定し、そのターゲット位置の時刻 $t + 1$ の位置の変化量をもとにロボット位置 (x_{t+1}, y_{t+1}) を求めることができる。また、連続時間 K だけ同じターゲットをトラッキングし続けた場合は、同様にして、 (x_{t+k}, y_{t+k}) の k 時間の変化量を基に時刻 $t + k$ の位置を検出することができる。

【0040】

なお、図 1 に示す距離画像生成部 3 は、超音波や電磁波を用いたレーダ等に置き換えてもよい。このとき、レーダの計測視野を図 1 に示すカメラ 1 と同一にな

るように設定する。また、レーダ等を用いて距離画像を得る場合は、輝度画像を得るカメラ 1 は 1 台のみを備えていればよい。

【0041】

また、移動体が移動している場合、特徴点に近づくに従いフレームから特徴点が外れてしまうことがあり、位置の検出ができなくなってしまうため、複数の特徴点全てについて図 2 に示す処理を行うことによって、移動量を算出する特徴点を次々に切り替えていくようにする。ただし、この場合、移動体から離れるにしたがって、計測距離の誤差が移動体から近い場合に比べて大きくなるため、フレーム内に存在する特徴点のうち距離が短い特徴点を優先的に選択して移動量の算出を行うようにすれば、移動の精度が悪化することを防止することができる。また、移動体の回転（自転）によって、フレームから 1 度外れてしまった物体は位置を記憶しておき、同じ物体が再びフレーム内に戻ってきたときに同一物体としてトラッキングするようにしてもよい。

【0042】

<第 2 の実施形態>

次に、従来技術のように詳細な地図を持たずに、最小限の地図情報に基づいて自己の位置を検出する第 2 の実施形態を図 5 ～ 9 を参照して説明する。図 5 は、他の実施形態の構成を示すブロック図である。図 5 に示すブロック図が図 1 に示すブロック図と異なる点は、新たに物体情報記憶部 8 を設けた点である。この物体情報記憶部 8 は、特徴量として予め既知の複数の静止物体の特徴点の集合と、その静止物体の絶対位置が対応付けられて物体の地図として記憶されているものであり、特徴点抽出部 5、及び位置検出部 6 によって参照される。ここでいう既知の静止物体とは、部屋の中の柱や植木、ロッカーなどの家具などである。また、どのような位置の物体を記憶しておくかは特に制限はないが、移動体が移動する際に行動を変化させる位置、すなわち曲がり角、ドアの前等の付近に存在する特徴物を優先的に記憶するようにしておけば、効率良くかつ精度良く移動体の制御が可能となる。

【0043】

次に、図 6 を参照して、図 5 に示す位置検出装置の動作を説明する。ここで、

カメラ 1、画像記憶部 2、距離画像生成部 3、距離画像記憶部 4 の動作は、前述した実施形態における動作と同様なので説明を省略する。図 6 のフローチャートに示す各処理は、カメラ 1 によって画像を撮像する度に繰り返し実行される。

まず、特徴点抽出部 5 は、画像記憶部 2 に記憶されている画像を読み出す（ステップ S 2 1）。そして、特徴点抽出部 5 は、読み出した輝度画像から特徴点を抽出して、この特徴点を特徴点抽出部 5 内に保存する（ステップ S 2 2）。

【0044】

ここでいう特徴点とは、画像処理で用いられる不変特徴量に相当し、画像中に現れている像を特徴付ける点のことである。また、特徴量とは、物体形状を構成する複数の特徴点群のことである。この特徴点の抽出は、例えば画像に対してエッジ検出処理を施し、検出されたエッジを構成する特徴点を複数選択することによって行う。なお、特徴点抽出部 5 は、距離画像記憶部 4 に記憶されている距離画像を読み出し、この距離画像から特徴点を抽出するようにしてもよい。特徴点は、時刻 t の画像（直前の画像）から抽出した特徴点の集合が保存され、この特徴点は、画像上の座標値が保存される。

【0045】

次に、特徴点抽出部 5 は、内部に保存されている特徴点を 1 つずつ読み出し、物体情報記憶部 8 に記憶されている複数の物体情報の特徴点群（特徴量）とパターンマッチングすることによって比較する（ステップ S 2 3）。この比較処理は、前述した実施形態の処理（図 2 に示す処理）と同様の処理によって行う。またここでいう物体情報とは、予め得られた画像から静止物体の特徴点を抽出しておき、この特徴点とこの静止物体が存在する位置の絶対座標からなる情報である。ここで、用いるパターンマッチング手段としては単純なテンプレートマッチング法を利用してもよい。

【0046】

続いて、特徴点抽出部 5 は、ステップ S 2 2 で得られた特徴点と一致するまたは確からしさが大きい、すなわち相関が高い物体情報が物体情報記憶部 8 に存在したか、すなわち既知の物体があったか否かを判定する（ステップ S 2 4）。この結果、既知の物体が存在した場合、位置検出部 6 は、この既知の静止物体と自

己の相対位置から自己の絶対位置を求める（ステップ S 2 5）。この絶対位置は、既知の物体の絶対座標と、距離画像記憶部 4 に記憶された距離画像から得られる既知の物体と自己の相対位置関係とから算出する。

【 0 0 4 7 】

次に、ステップ S 2 4 において、既知の物体が存在しなかった場合、特徴点抽出部 5 は、ステップ S 2 2 において抽出した特徴点が移動物体であるか静止物体であるかを判定する（ステップ S 2 6）。判定の結果得られた静止物体は直前に求められた自己の位置情報を基に自己との相対的位置関係よりそれぞれ絶対位置を求める（ステップ S 2 7）。この判定処理は、図 2 に示すステップ S 4 ～ S 1 3, S 1 4 の処理によって行う。そして、この判定処理の結果得られた静止物体は直前の処理（時刻 t ）においてもトラッキングできていたかを判定する（ステップ S 2 8）。この判定は、直前に物体情報記憶部 8 に記憶された特徴量と今回の特徴量をパターンパターンマッチングして一致量を比較し判定する。また、直前にステップ S 3 0 で物体情報記憶部 8 に記憶された特徴量の絶対位置とステップ S 2 7 で求めた位置とを比較し、近傍であった場合トラッキングできたと判定を加えてより精度を上げることもできる。この判定の結果、直前の処理においてもトラッキングできた特徴点である場合、位置検出部 6 は、静止物体と自己との相対位置から自己の絶対位置を求める（ステップ S 2 9）。

【 0 0 4 8 】

一方、ステップ S 2 8 において、特徴点がトラッキングできておらず新規のものである場合、特徴点抽出部 5 は、新規の静止物体の特徴点と直前のステップ S 2 5 または S 2 9 で求められた時刻 t の自己の絶対位置を基に新規の特徴点の絶対位置を決定し物体情報記憶部 8 に記憶する（ステップ S 3 0）。この移動量の算出は、図 2 に示すステップ S 3 ～ S 1 7 の処理によって行う。

【 0 0 4 9 】

前述したステップ S 2 8 での判定において、近傍か否かに判断は距離のしきい値を定め、直前の位置と今回の位置がこの距離内にあるか否かによって判断する。しかし、画像によっては得られる距離にばらつきやノイズが大きい場合は、統計的処理を行ってもよい。これは、連続時間だけある特徴量がトラッキングでき

ていたとすると、その特徴量の画像上の位置に対する距離画像によって得られる自己に対する相対的位置 (x , y) のばらつきの分散値を刻々計算し、分散値が収束した時点で、分散の範囲内にあるものを同一の物体とし、分散外にあるものを別物体と判定するようにしてもよい。この分散値はステレオカメラの特性や物体によっても異なるため、予め設定された分散既定値を用いてもよいし、物体情報記憶部 8 に物体毎に設定し記憶された既定値を用いてもよい。また、ステレオカメラの特性として距離の 2 乗で精度が落ちることから分散値を距離の 2 乗で変化させるなどの関数を用いてもよい。

【 0 0 5 0 】

ここで、ステップ S 2 5、S 2 9 における絶対位置の算出方法を図 7 を参照して説明する。図 7 において、符号 A R は、行動エリアを示しており、予めこの行動エリア A R 内の原点 G が決定されている。符号 R は、ロボットであり、符号 K 4 は、既知の静止物体であり、符号 U 5 は、未知の物体である。図 7 においては、簡単にするためにロボット R の回転角 ϕ は無視している。このような状態であるときに、絶対位置が既知である物体 K 4 の絶対座標値 (x_1 , y_1) と、この既知物体 K 4 とロボット R に相対位置 (x_2 , y_2) に基づいて、ロボット R の絶対位置 (R_x , R_y) は、 $(R_x, R_y) = (x_1 + x_2, y_1 - y_2)$ によって自己の絶対位置を求める。また、同様に未知の物体 U 5 の絶対位置の座標値 (x_4 , y_4) は、 $(x_4, y_4) = (x_1 + x_2 + x_3, y_1 - y_2 + y_3)$ によって求める。図 8 に示すように、既知の静止物体 K と未知の静止物体 U がカメラによって同時に撮像された場合に、未知の物体 U の絶対座標を計算によって求めておくようにしたため、ロボット R が符号 R' の位置まで移動した場合に既知物体 K を撮像することができず未知の物体 U のみが撮像された場合でも、予め計算しておいた絶対座標を利用することが可能となる。

【 0 0 5 1 】

なお、ステップ S 2 8 の判定は、抽出された特徴量が複数の場合は、全てに対して行われ、ステップ S 2 9 においては全ての特徴量との相対位置から自己の位置を求め、平均値によって自己の絶対位置を求めるようにする。

このように、既知の物体、未知の物体、未知の物体のうち計算によって位置が

既知になった物体の状況に応じて、自己の絶対位置を求めるようにしたため、移動制御部 7 は精度良く移動制御を行うことが可能となる。

【 0 0 5 2 】

次に、図 9 を参照して、具体例を挙げて動作を説明する。ここでは、ロボットは、A 地点から B 地点へ移動し、さらに C 地点へ移動する場合の動作を例にして説明する。まず A 地点において、ステップ S 2 3 の比較処理の結果、絶対座標が既知である物体 K 1、K 2、K 3 が存在することを認識する。そして、位置検出部 6 は、物体 K 1、K 2、K 3 の 3 つの物体のうち、物体 K 3 は距離が長いため、物体 K 1、K 2 の絶対位置の座標値から自己の絶対位置を求める（ステップ S 2 5）。このとき、位置検出部 6 は、未知物体 U 1、U 2 の絶対位置の座標値を計算によって求めて、内部記憶しておく（ステップ S 3 0）。そして、ロボットは、絶対位置が既知となった未知物体 U 1、U 2 の位置に基づいて自己位置を求めながら（ステップ S 2 9）移動し、さらに未知物体 U 1、U 2 が撮像できない位置へ到達した場合に、既知物体 K 3 に基づいて自己位置を求めながら（ステップ S 2 5）、B 地点まで移動し、B 地点の絶対位置を求める。これによって、未知物体 U 1、U 2 に関する位置情報と物体情報が更新されることになる。

【 0 0 5 3 】

次に、ロボットは、方向転換し、C 地点方向へ向く。このとき、カメラ 1 には、未知の物体 U 3、U 4 が撮像される。ただし、この場合、90° 向きを変えたため、未知の物体 U 3、U 4 が撮像された画像には、既知の物体が撮像されない場合もある。このような時には、未知物体 U 3、U 4 に基づいて移動量を求め、B 地点の絶対座標値に求めた移動量を加算することによって自己位置を求める（ステップ S 2 9）。そして、C 地点まで移動する途中で既知物体が撮像された場合、この既知物体に基づいて自己の絶対位置を求め、移動量によって求めた絶対位置の誤差をリセットする。

【 0 0 5 4 】

このように、未知の物体の位置に基づいて、自己の絶対位置を求める場合、距離画像から得られる相対位置の誤差が累積されるが、既知の物体が撮像された場合に、自己の位置をこの既知の物体から求めるようにしたため、累積した誤差を

リセットすることが可能となり、精度の良い位置検出が可能となる。

次に、もう一度同じエリアにおいて移動を行う際は、地点Aに移動した場合、前回未知物体U1、U2は地図位置情報と物体情報が内部に記憶されているため既知物体として使われる。また、未知物体U3、U4も同様である。また、前回既知の物体が今回存在することが認識できない場合は、その物体が移動物体である可能性があるため、物体情報として移動物体である可能性があること記憶して検出対象から外すなどの処理を加えてもよい。

【0055】

ところで、画像から得られる距離情報にはばらつきが大きいことがあり、上記の方法によってロボットの位置を求めるのは困難である場合がある。そのため、ロボットの位置は、抽出した基準特徴点に基づき、カルマンフィルタを使用して算出するようにしてもよい。このカルマンフィルタを用いることによって、距離情報のばらつきなどを考慮してロボットの位置を算出することができる。

【0056】

ここで、カルマンフィルタを用いた場合のロボット位置算出の処理について説明する。ここで用いるカルマンフィルタは拡張カルマンフィルタであり、状態方程式を(1)式に示す。ここで、ロボットの状態を表現する変数を x 、 y 、 ϕ 、 T の4つで表現し、

【数1】

$$\bar{P} = \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ \phi_t \\ T_t \end{bmatrix}$$

と定義すると、 x_t 、 y_t は、 x y 軸上の x 、 y 値、 ϕ_t は z 軸まわりの回転角、 T_t は時間ステップ t から $(t+1)$ で移動する距離である。

【数 2】

$$\begin{bmatrix} x_{t+1} \\ y_{t+1} \\ \phi_{t+1} \\ T_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_t + \Delta T_t \cos \phi \\ y_t + \Delta T_t \sin \phi \\ \phi_t \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \Delta \phi_t \\ \Delta T_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ v_\phi \\ v_T \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

(1) 式において、右辺 2 番目の項は移動制御部 7 からの時刻 t における移動制御変化量であり、3 番目の項は時刻 t におけるロボット制御のシステムノイズを表す。ここで用いる座標系は図 5 と同様であり、また、図 10 にロボット位置の状態を表す各パラメータの意味を示す。

また、(2) 式は、特徴点 a の観測方程式であり、(3) 式は、特徴点 b の観測方程式であり、これらの式はロボットから見た特徴点 a 、 b の相対的計測値を示すものである。この計測式は、図 5 に示す座標系に基づいて幾何学的に作成される。この計測量を表現する変数を x 、 y 、 θ の 3 つで表現し、

【数 3】

$$\bar{\ell} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad \text{と定義すると、}$$

 $\bar{\ell}_1$ は、

$$\begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ \theta_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (a_x - x_t) \cos(-\phi_t) - (a_y - y_t) \sin(-\phi_t) \\ (a_x - x_t) \sin(-\phi_t) + (a_y - y_t) \cos(-\phi_t) \\ \tan^{-1}\left(\frac{E_2}{E_1}\right) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_{ax} \\ \omega_{ay} \\ \omega_{a\theta} \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

 $\bar{\ell}_2$ は、

$$\begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ \theta_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (b_x - x_t) \cos(-\phi_t) - (b_y - y_t) \sin(-\phi_t) \\ (b_x - x_t) \sin(-\phi_t) + (b_y - y_t) \cos(-\phi_t) \\ \tan^{-1}\left(\frac{E_4}{E_3}\right) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_{bx} \\ \omega_{by} \\ \omega_{b\theta} \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

となる。

なお、

$$E_1 = (a_x - x_t) \cos(-\phi_t) - (a_y - y_t) \sin(-\phi_t),$$

$$E_2 = (a_x - x_t) \sin(-\phi_t) + (a_y - y_t) \cos(-\phi_t),$$

$$E_3 = (b_x - x_t) \cos(-\phi_t) - (b_y - y_t) \sin(-\phi_t),$$

$$E_4 = (b_x - x_t) \sin(-\phi_t) + (b_y - y_t) \cos(-\phi_t),$$

である。

となる。ここで、(2)、(3)式の右辺2項目は計測ノイズを表す。

【0057】

上記の(1)～(3)式は図2に示すステップS25、S29における処理に用いられるものであり、これらの式を画像が取得される度に演算を行うことによって、ロボットの回転角 ϕ_{t+1} とロボットの位置(x_{t+1} , y_{t+1})を求めることができる。この拡張カルマンフィルタを用いることによって、前述した幾何学的に算出するのに比べ、システムノイズ及び計測ノイズが考慮されているために精度良くロボットの位置検出を行うことができる。また、カルマンフィルタを用いたときは、ステップS28の判断において特に明記していないが、カルマンフィルタ内で収束する特徴点に対する観測値の共分散を、その特徴点の分散値として用いることもできる。

【0058】

なお、本実施形態においては対象となる物体の座標は x , y 平面で説明したが、高さ方向(z 方向)に拡張にして自己の位置を、高さを含めて決定するようにしてもよい。

【0059】

<第3の実施形態>

次に、ロボットが移動する環境において、オクルージョンなどの要因で特徴物に対する相対位置を個別に決定できない場合に、複数の特徴点群とこれらの特徴点群が得られた場所の位置の情報を全て予め記憶しておき、この情報を参照しながら自己の位置を決定する第3の実施形態を説明する。図11は、第3の実施形態における位置検出装置の構成を示すブロック図である。この図において、符号1はカメラであり、符号5は特徴点抽出部である。符号8は、物体情報記憶部である。符号9は、2つの特徴点の相関を求める相関処理部である。符号10は、相関処理部9の処理結果に基づいて自己位置を決定する自己位置決定部である。図11においては、得られた画像を記憶する画像記憶部2、及び移動制御部7は省略されている。また、第3の実施形態においては、距離画像を必要としないため、関係する構成要素は削除されている。

【0060】

まず、図13、14を参照して自己位置を求める原理を簡単に説明する。図13は、位置Mにおいてロボットの進行方向 $F \rightarrow$ のシーンをカメラで撮影し、得ら

れた画像から特徴点群を選択している図である。このとき、選択される特徴点群をWとすると、特徴点群Wは位置Mと関連付けられ、物体情報記憶部8に記憶される。ここでの特徴点群は個々にオクルージョンなどにより相対位置を特定できないものであるため、特徴点全体に対し記憶した位置を関連付けることとなる。

【0061】

図14は、特徴点群を記憶する位置が9ヶ所(M1～M9)ある時の例であり、ロボットが通過するであろう位置に予め設定されるものである。予め設定された各位置M1～M9のそれぞれからロボットの進行方向F→の方向に向けられたカメラで撮像された画像の中から抽出した特徴点群をW1～W9とすると、それぞれの位置(特徴点取得位置という)M1～M9と特徴点群W1～W9はそれぞれ対になるように対応付けられて物体情報記憶部8に予め記憶される。そして、ロボットが未知の位置を通過中に、進行方向F→の方向に向けられたカメラで撮像された画像の中から抽出された特徴点群と予め記憶された特徴点群W1～W9との相関を求め、この相関が最も高い特徴点群W_n(nは1～9のいずれか)を自己が通過中の位置と判断し、この特徴点群W_nと対になる特徴点取得位置M_n(nは1～9のいずれか)が自己位置となる。例えば、特徴点群W4とカメラで撮像された画像から抽出された特徴点群とが最も良く相関が取れるとき、この特徴点群W4を取得した位置M4を自己位置と決定する。

【0062】

次に、図12を参照して、図11に示す位置検出装置が自己位置を求める具体的な動作を説明する。

まず、特徴点抽出部5は、カメラ1で撮像された画像を読み出す(ステップS41)。そして、特徴点抽出部5は、読み出した画像から全ての特徴点群を抽出し、内部に保存する(ステップS42)。一方、相関処理部9は、物体情報記憶部8に記憶されている特徴点群を1つ読み出す(ステップS43)。続いて、相関処理部9は、入力画像(カメラ1で撮像した画像)の特徴点を特徴点抽出部5から1つ読み出す(ステップS44)。さらに、相関処理部9は、ステップS43で読み出した特徴点群から1つの特徴点を選択する(ステップS45)。

【0063】

次に、相関処理部 9 は、ステップ S 4 4 で読み出した特徴点とステップ S 4 5 で選択した特徴点との確からしさ CA を算出し（ステップ S 4 6）、予め決められたしきい値 T_c と比較する（ステップ S 4 7）。この結果、 $CA > T_c$ でなければステップ S 4 9 へ進む。一方、 $CA > T_c$ であれば、処理ループ毎に求められた CA の和 S を求める（ステップ S 4 8）。ただし、CA の和 S は、特徴点群毎に求めるため、確からしさ CA の和 S は特徴点群の数だけ得られることとなる。そして、相関処理部 9 は、ステップ S 4 3 で読み出した特徴点群を構成する特徴点の全てについて、ステップ S 4 5 ～ S 4 8 の処理を繰り返す（ステップ S 4 9）。

【 0 0 6 4 】

次に、相関処理部 9 は、ステップ S 4 2 で保存された特徴点群を構成する特徴点の全てについて、ステップ S 4 4 ～ S 4 8 の処理を繰り返し（ステップ S 5 0）、さらに、ステップ S 4 2 で保存された特徴点群の全てに対してステップ S 4 3 ～ S 4 8 の処理を繰り返す（ステップ S 5 1）。ステップ S 4 2 ～ S 4 8 における処理は、入力画像から抽出した特徴点群を構成する特徴点と物体情報記憶部 8 に記憶されている特徴点とをそれぞれ総当たりで確からしさを求めている処理である。なお、ステップ S 4 4 ～ S 5 0 の処理において、画像ピクセルの近いものを選択して確からしさを求めることで処理負荷を低減するようにしてもよい。

【 0 0 6 5 】

次に、自己位置決定部 1 0 は、ステップ S 4 8 で求めた確からしさ CA の和 S が大きい特徴点群を選択する（ステップ S 5 2）。そして、選択した特徴点群と対になる特徴点取得位置を物体情報記憶部 8 から読み出すことによって、自己の位置を求め（ステップ S 5 3）、この位置を自己位置情報として出力する。

【 0 0 6 6 】

また、図 1 5 に示すようにロボットのステレオカメラを構成する左右の 2 台のカメラを利用し、各カメラ毎に予め記憶された特徴点群 W と比較し、相関を演算するようにしてもよい。このようにすることによって、同一の特徴点群 W に対するカメラの画像の相関度の大きさの違いによって、自己の位置を決定することができる。すなわち、特徴点群 W に対応した位置 M に対して各カメラで検出された

相関値の差から位置Mの左右のオフセット方向を検出できる。このことにより、特徴点群を得る位置Mのうち左右方向の数を少なくすることができるため、予め画像を撮像する手間が大幅に削減できる。また、ステレオカメラを構成するカメラが2台以上である場合は、左右方向に並ぶカメラを選択して利用すればよい。

【0067】

このように、ロボットの行動可能範囲における特徴点群とこれらの特徴点群を取得した位置を、ロボット内に予め記憶しておき、ロボットが行動を起こすときに得られた画像から抽出された特徴点群と相関が高い特徴点群を記憶された中から選択し、この選択された特徴点群が取得された位置を自己位置とするようにしたため、ロボットが決められた屋内で行動する場合などにおいて、容易に自己位置検出行うことが可能となる。

【0068】

前述した図13、14の説明においては、各位置M1～M9における画像撮像の方向を1方向として説明したが、各位置において複数の方向の画像を撮像し、得られた画像の全てについて特徴点群を抽出して、物体情報記憶部8に記憶しておけば、各位置におけるロボットの進行方向が異なっても同様の処理によって、自己位置を検出することが可能となる。また、ロボットは、自己に備えられたカメラのズーム機能を用いて、拡大・縮小させた画像から特徴点群を抽出するようにしてもよい。このようにすることによって、図14に示す位置M2とM5の中間に位置するような場合の相関を取りやすくすることができる。さらに、ロボットは、カメラが備えられた頭部を左右上下に振った状態で得られた画像から特徴点群を抽出するようにしてもよい。このようにすることによって、記憶された特徴点群を取得した時の進行方向と異なる行動をしている場合であっても特徴点の相関を取りやすくすることが可能となる。

【0069】

また、前述した3つの実施形態における位置検出処理を、ロボットが移動する環境に応じて適宜組み合わせたり、必要な処理を選択することによって自己位置を検出するようにしてもよい。

【0070】

また、図2、図6、図12に示す処理を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより位置検出処理を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

【0071】

また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

【0072】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、連続する2フレームの画像から同一の静止物体を抽出し、この静止物体の変位を求め、この変位量から自己の移動量を求めるようにしたため、精度良く自己位置の検出を行うことができるという効果が得られる。また、静止物体の抽出を自己で行うようにしたため、予め静止物

体の位置が定義されたマップ等を備える必要がなく、構成を簡単にすることが可能となる。さらに、道路地図データ等のマップを備える必要がないために、構成を簡単にすることができるとともに、未知の場所へ移動することが可能となり移動体の行動範囲の制限をなくすことができるという効果も得られるので、特に人間型に脚式移動ロボットに好適である。

また、この発明によれば、自己の移動制御と前記基準点の観測量を拡張カルマンフィルタに代入して自己の位置を検出する位置検出手段を備えたため、より正確な自己位置の検出が可能になるという効果が得られる。

【 0 0 7 3 】

また、この発明によれば、予め記憶された物体情報と抽出された特徴点とを比較して、相関が高い特徴点を既知と特徴点と見なして自己位置を算出するための基準特徴点とするようにしたため、より正確に自己の位置を検出することができるという効果が得られる。

また、この発明によれば、既知と見なされた特徴点が存在する画像中の未知の特徴点と既知の特徴点との相対関係を求め、該未知の特徴点を既知の特徴点として記憶することにより前記物体情報を更新するようようにしたため、地図情報及び物体情報の更新を自動的に行うことができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図 2】 図 1 に示す特徴点抽出部 5 及び位置検出部 6 の動作を示すフローチャートである。

【図 3】 2 つの特徴点の確からしさ CA を算出する処理を示す説明図である。

【図 4】 ロボットの自己位置を求める場合の座標系を示す説明図である。

【図 5】 本発明の第 2 の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図 6】 図 5 に示す特徴点抽出部 5 及び位置検出部 6 の動作を示すフローチャートである。

【図 7】 自己位置算出方法を示す説明図である。

【図 8】 自己位置算出方法を示す説明図である。

【図 9】 自己位置算出方法を示す説明図である。

【図 1 0】 カルマンフィルタの状態モデルを示す説明図である。

【図 1 1】 本発明の第 3 の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図 1 2】 図 1 1 に示す位置検出装置の動作を示すフローチャートである。

【図 1 3】 第 3 の実施形態における自己位置検出の原理を説明する説明図である。

【図 1 4】 第 3 の実施形態における自己位置検出の原理を説明する説明図である。

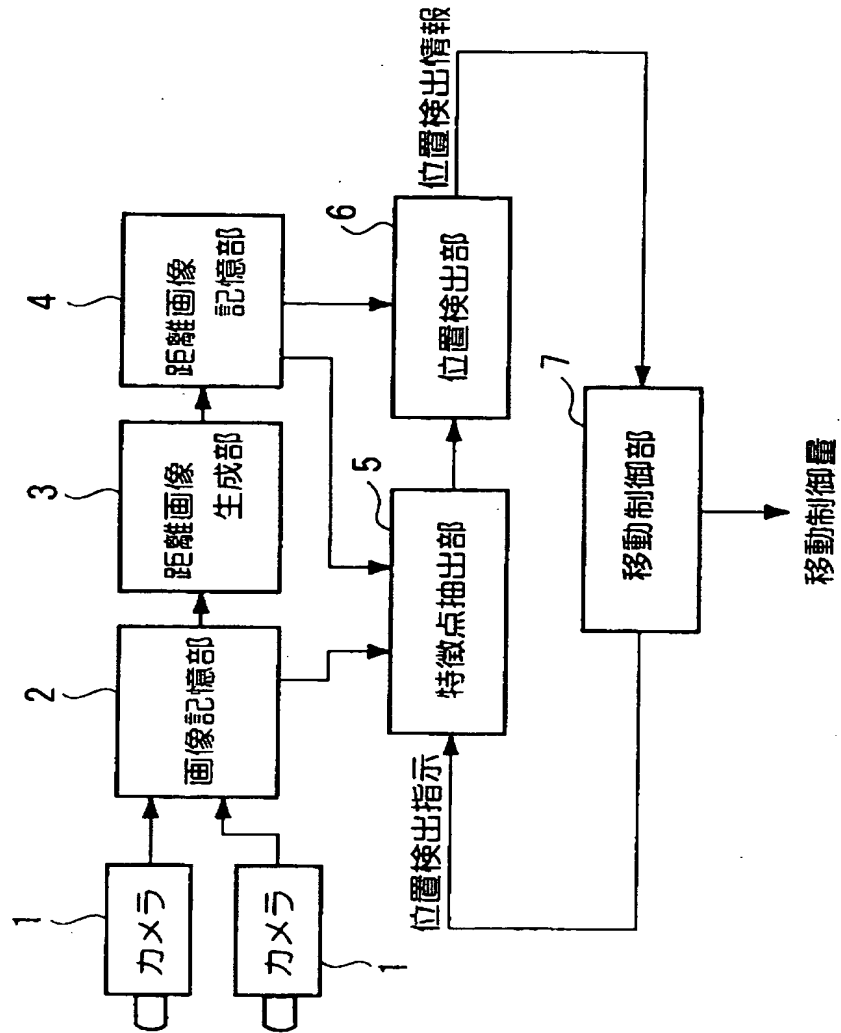
【図 1 5】 第 3 の実施形態における自己位置検出の原理を説明する説明図である。

【符号の説明】

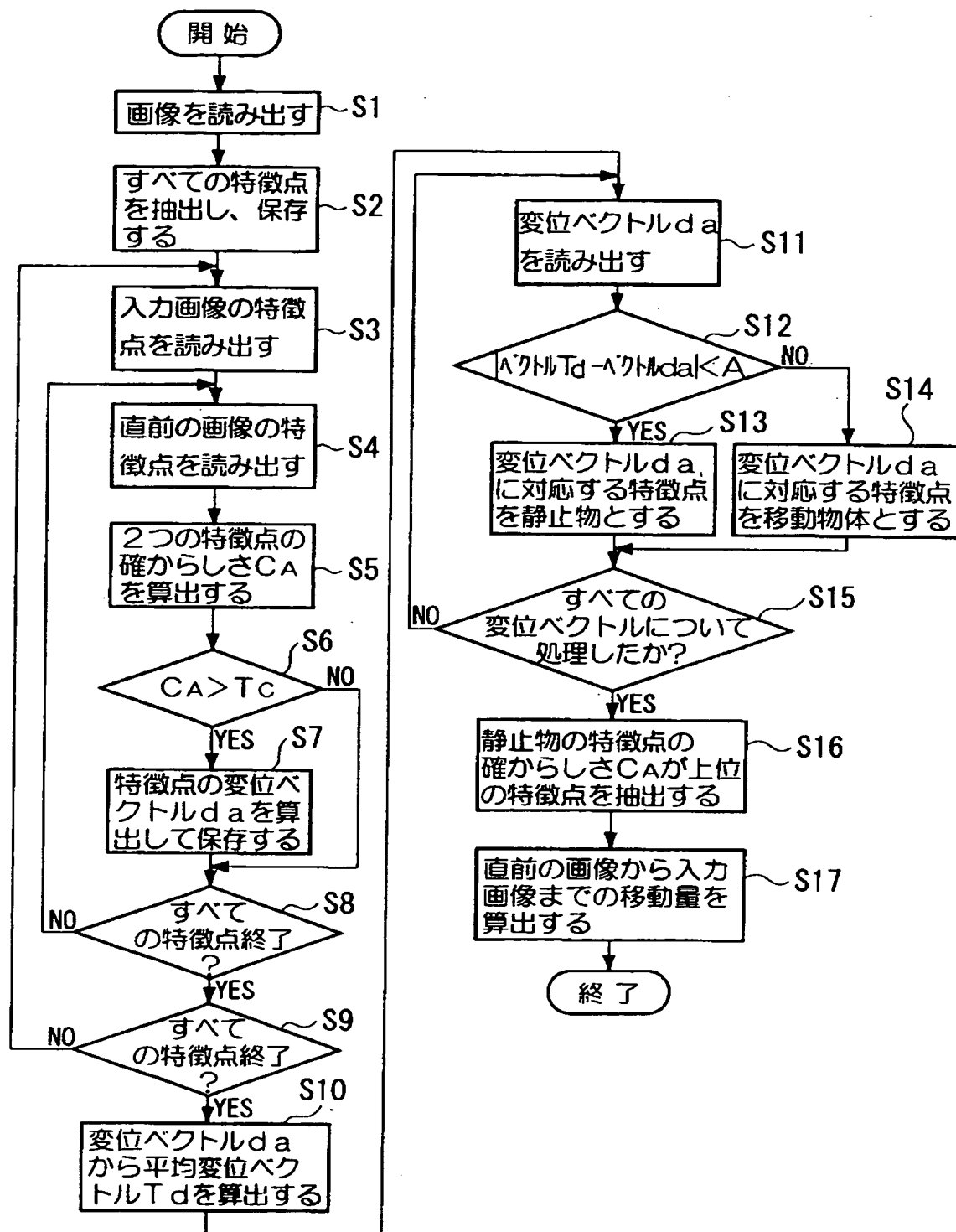
- 1 . . . カメラ、
- 2 . . . 画像記憶部、
- 3 . . . 距離画像生成部、
- 4 . . . 距離画像記憶部、
- 5 . . . 特徴点抽出部、
- 6 . . . 位置検出部、
- 7 . . . 移動制御部、
- 8 . . . 物体情報記憶部。

【書類名】 図面

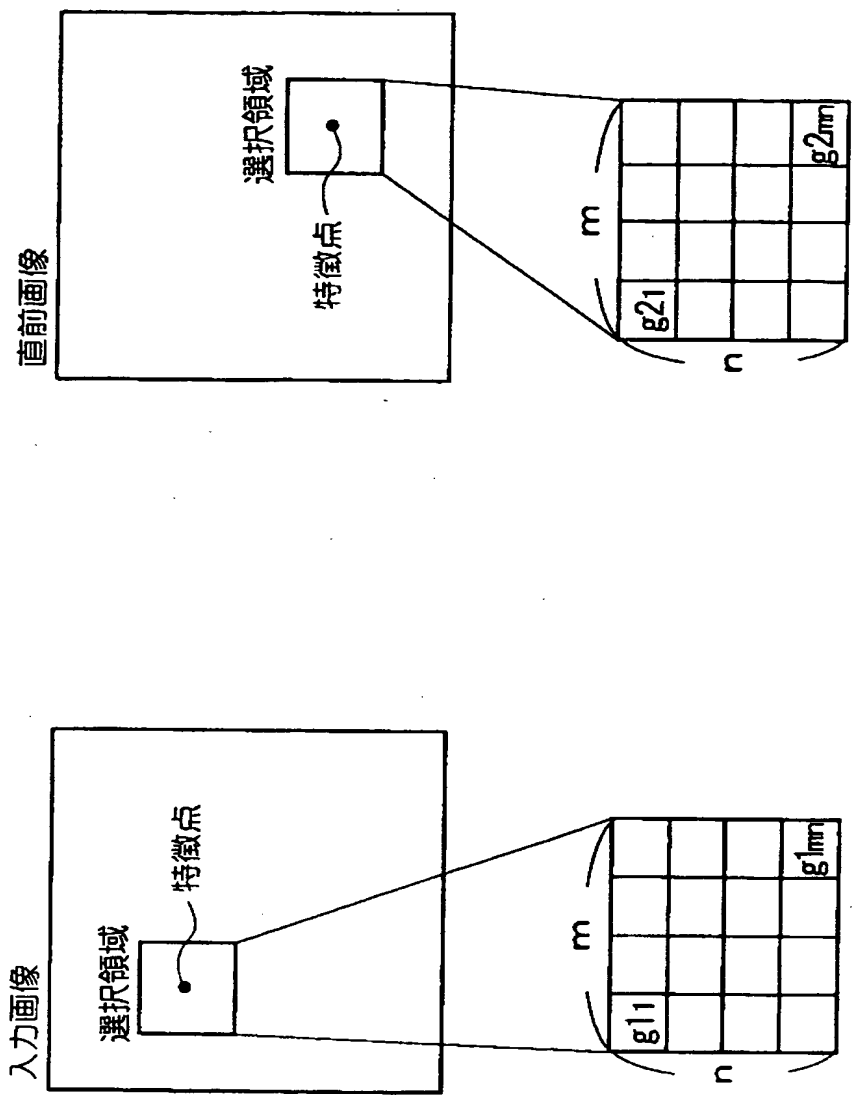
【図 1】



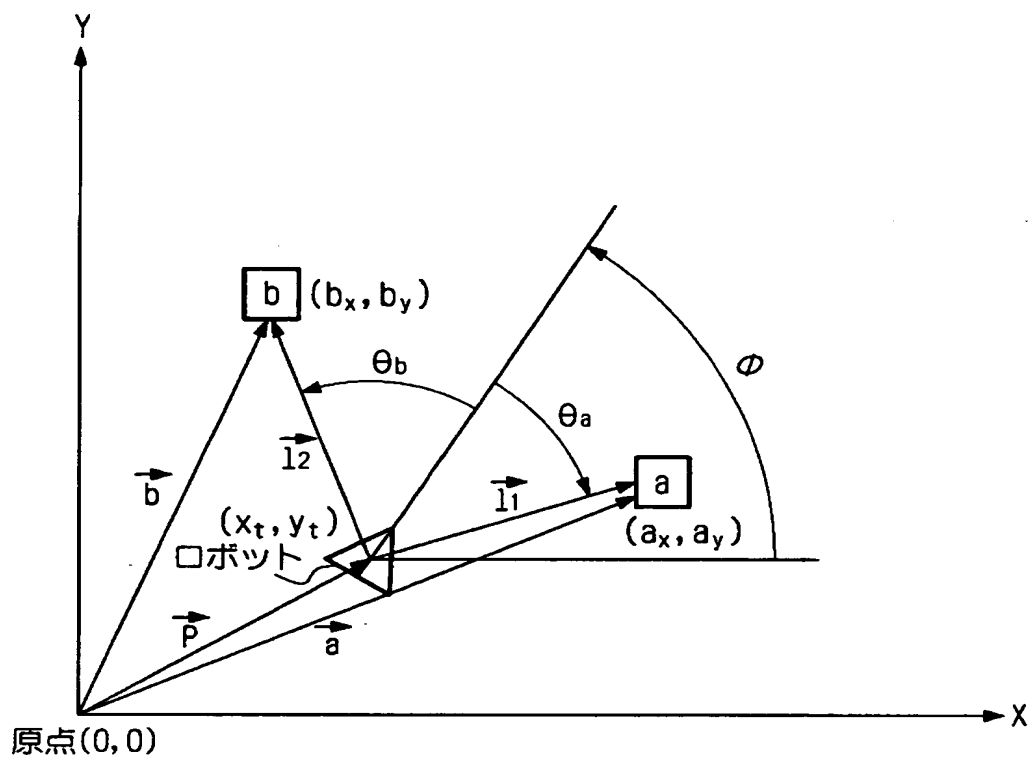
【図 2】



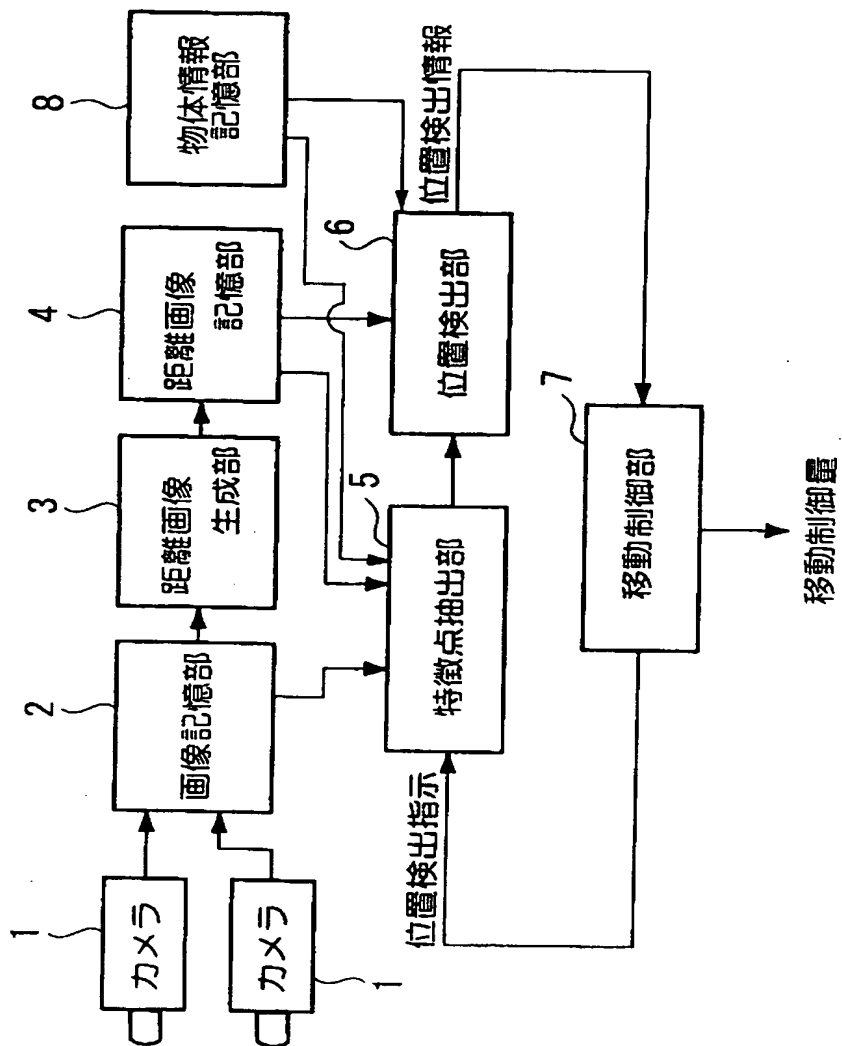
【図 3】



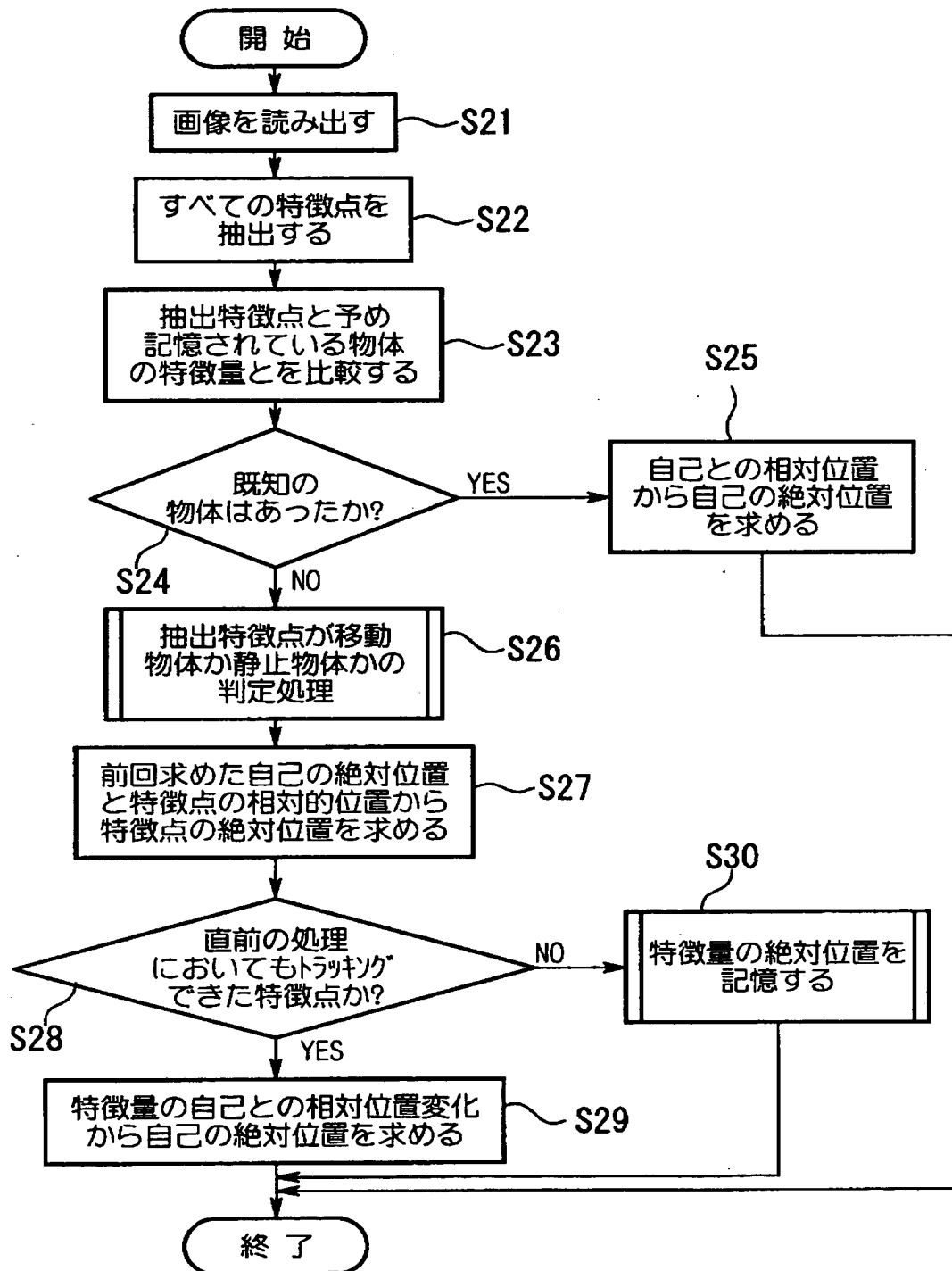
【図 4】



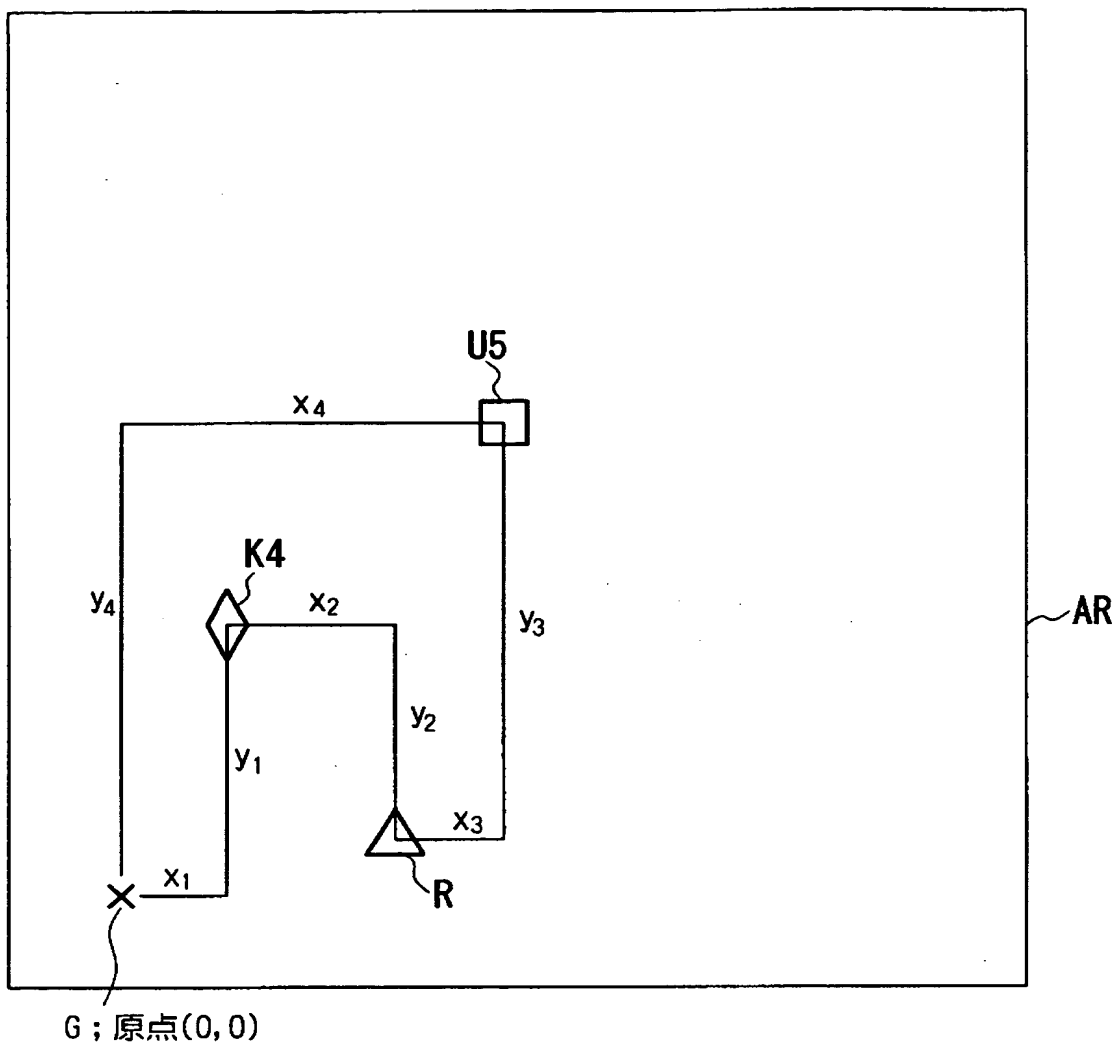
【図 5】



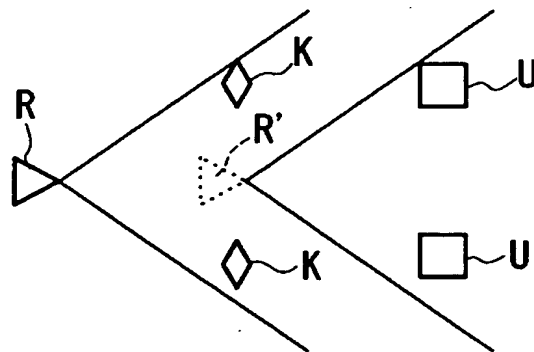
【図 6】



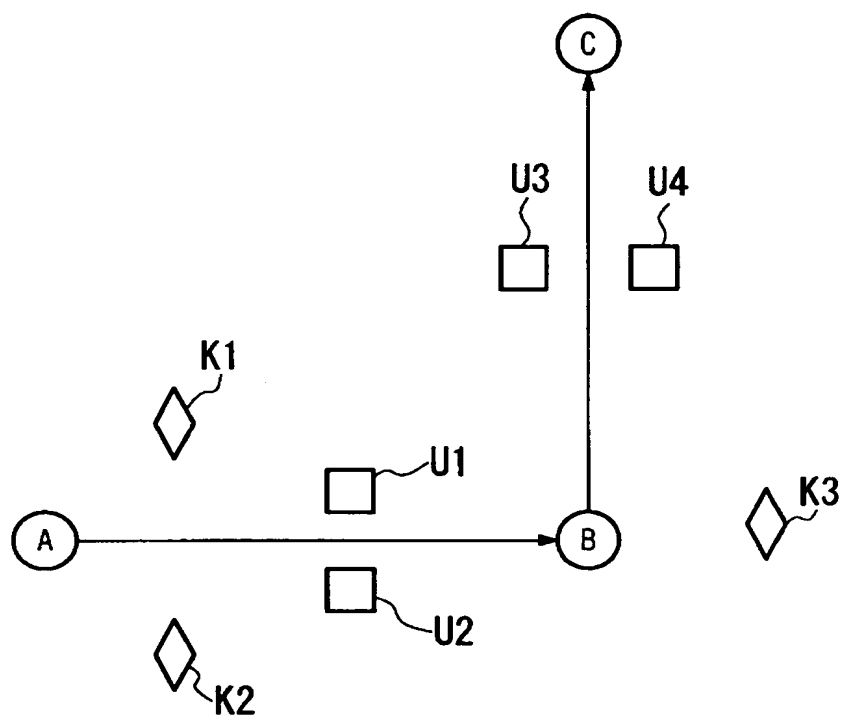
【図 7】



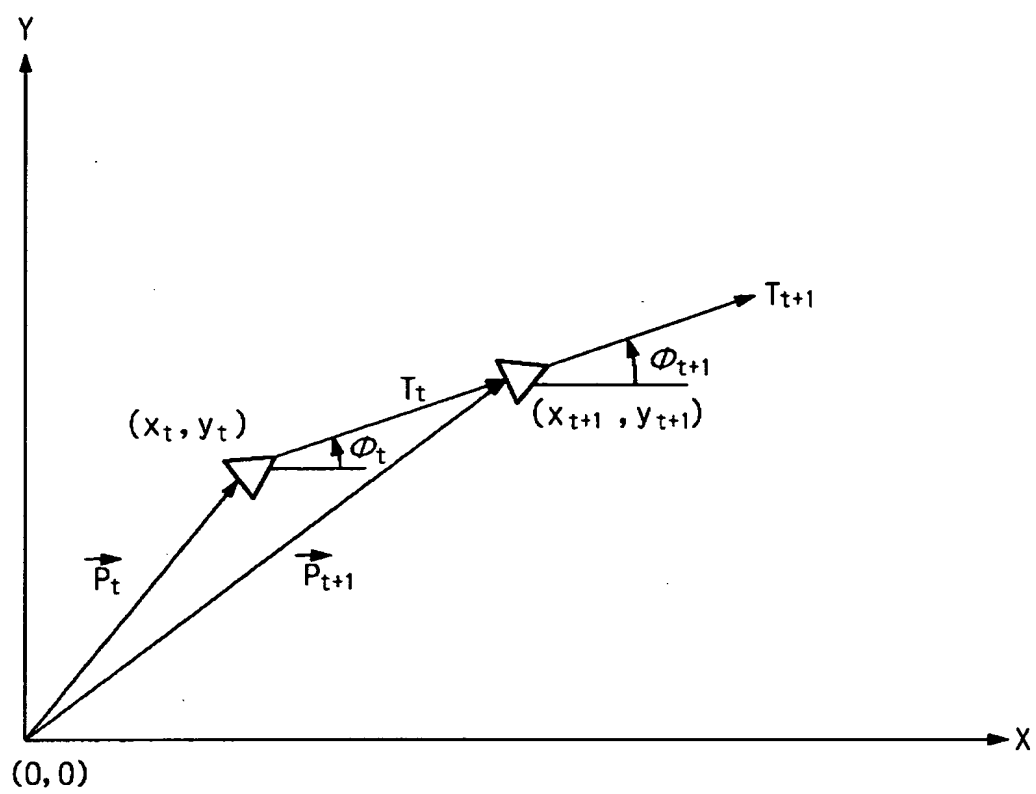
【図 8】



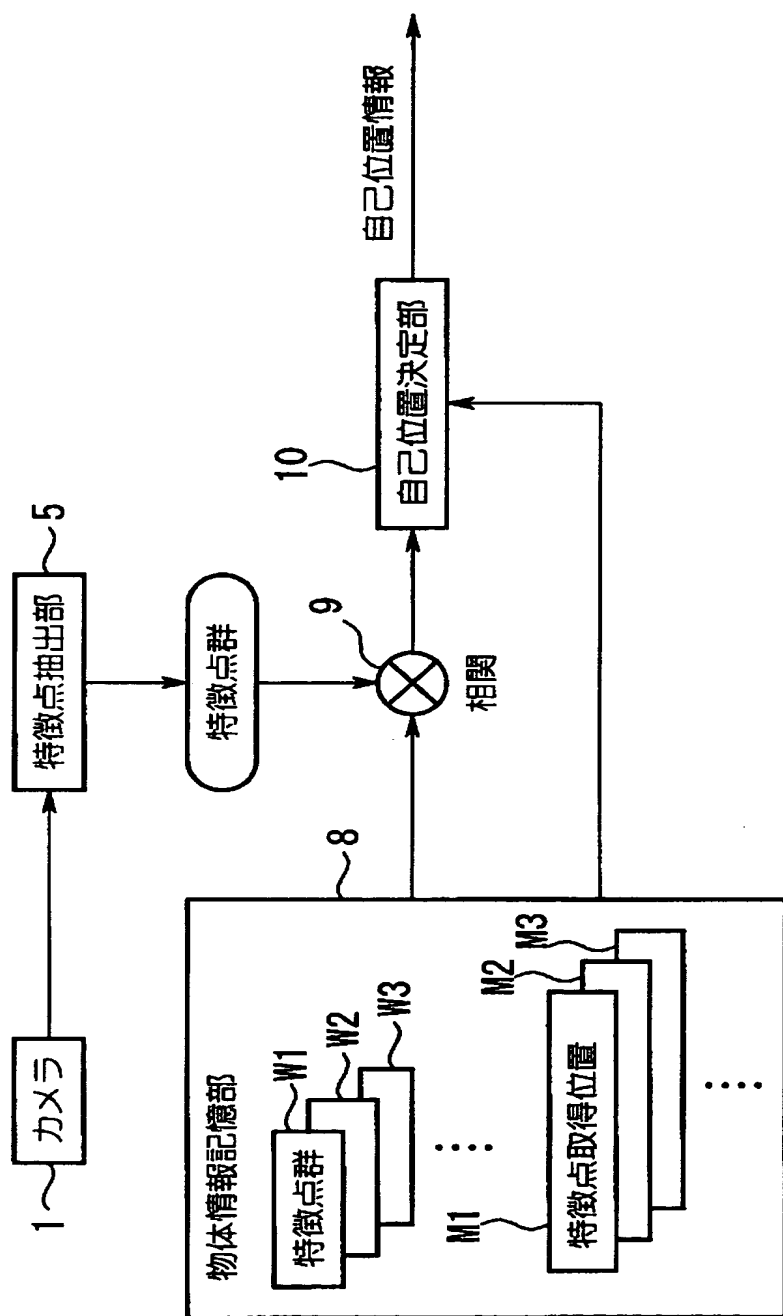
【図 9】



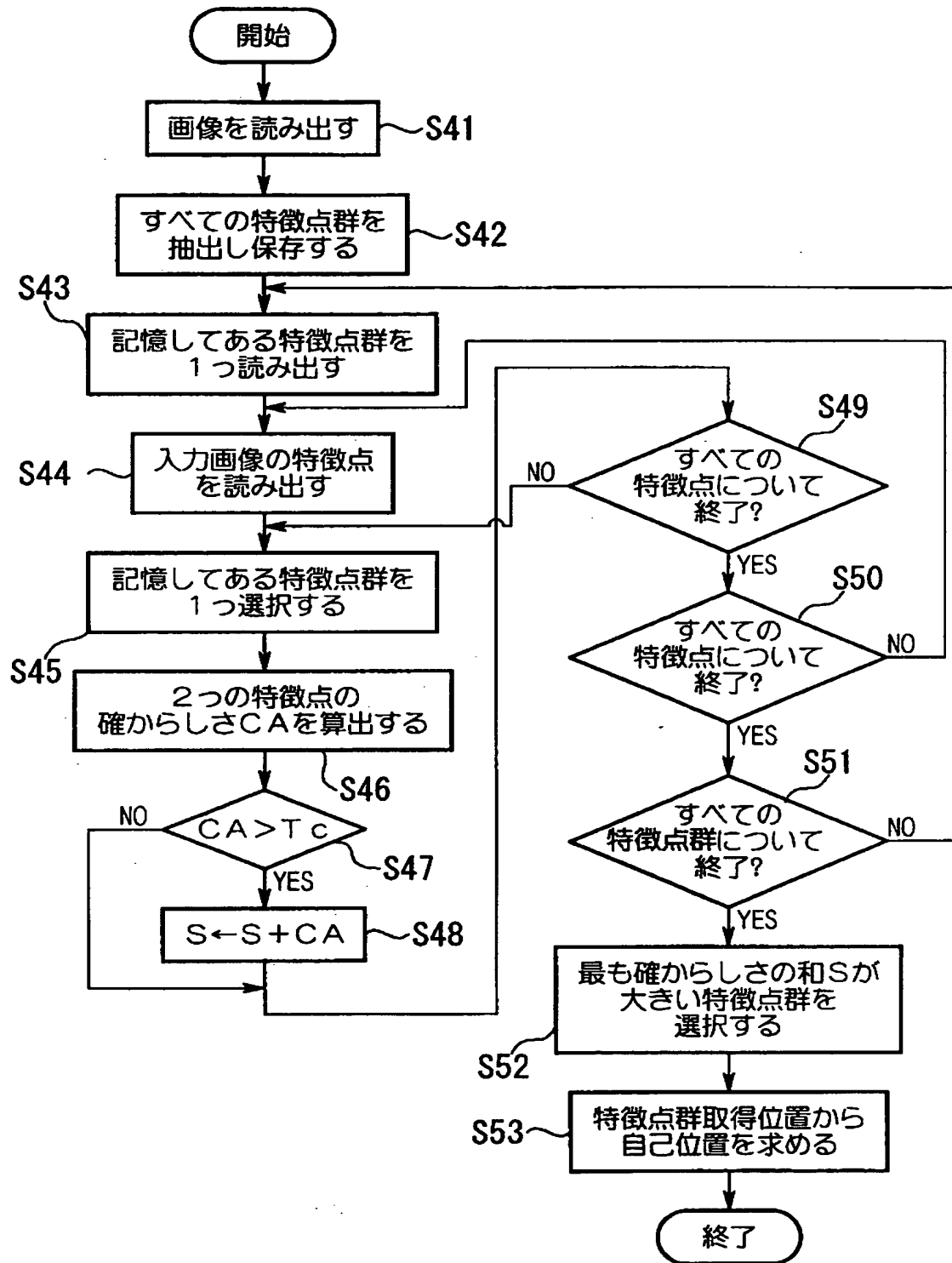
【図 1 0】



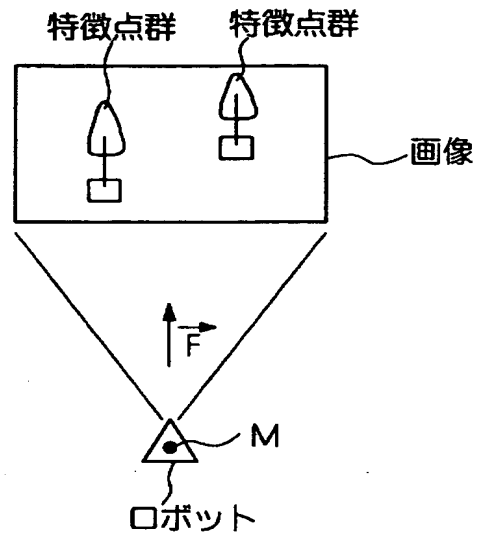
【図 1 1】



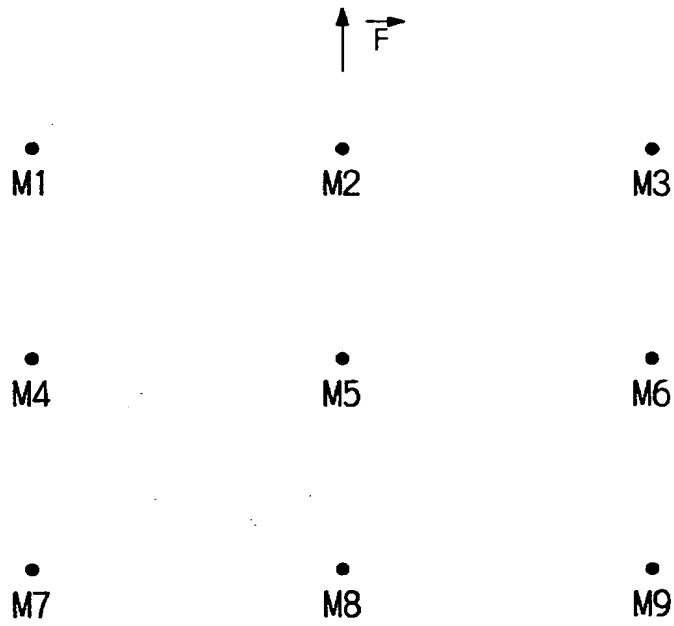
【図 1 2】



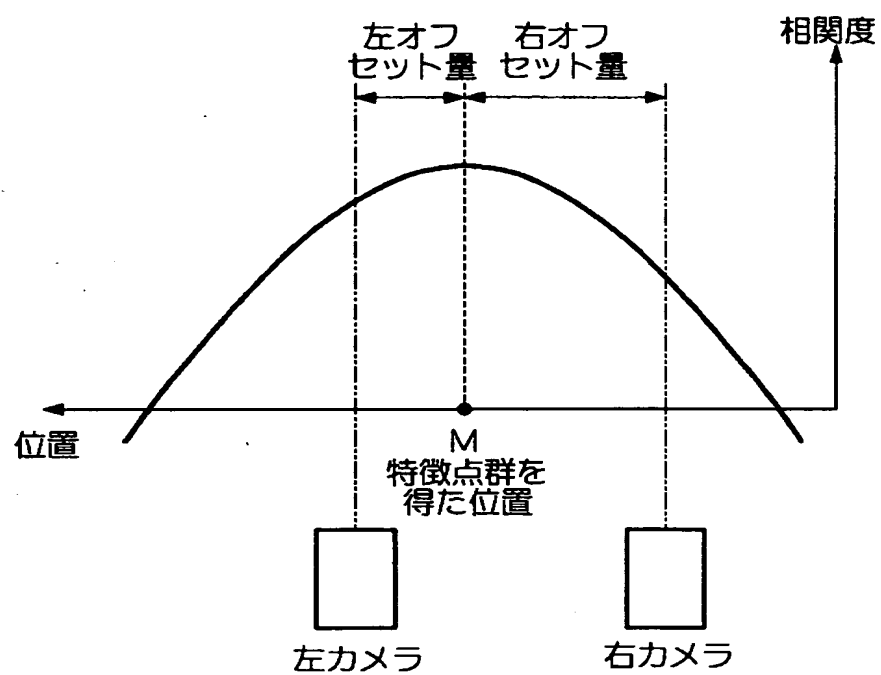
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 人間型脚式移動ロボットや自動車が自律的に移動する際の自己の位置検出を簡単に行うことができる位置検出装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 移動体の自己位置を検出する位置検出装置であって、移動体の前方視野の輝度画像を取得する輝度画像取得手段と、輝度画像取得手段と同一の視野を有し、輝度画像取得手段が輝度画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得手段と、少なくとも連続する2フレームの輝度画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、特徴点抽出手段によって抽出された特徴点の2フレーム間の位置の変位量を距離画像に基づいて算出し、当該変位量から自己位置を算出するための基準特徴点を選択する基準特徴点選択手段とを備えたことを特徴とする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日	1990年 9月 6日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目1番1号
氏 名	本田技研工業株式会社